ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE MALACOLOGIQUE

DE

BELGIQUE



TOME XXVII

(QUATRIÈME SÉRIE, TOME VII)

ANNÉE 1892

PRIX : 15 FRANCS

BRUXELLES
P. WEISSENBRUCH, IMPRIMEUR DU ROI
45, RUE DU POINÇON, 45

ÉTUDE GEOLOGIQUE

SUR

LE BASSIN DU DOURO

PAR

Augusto NOBRE

— SEANCE DU 4 JUIN 1892 —

Le bassin du Douro a déjà été l'objet d'un excellent mémoire dû à notre regretté géologue Frederico de Vasconcellos [1], qui en a étudié les dépôts d'alluvions, les plages anciennes, les traces de l'action glaciaire et les vestiges de la présence de l'homme des temps paléolithiques.

Dans mon travail, je ne parlerai que des trois premières questions traitées par mon savant prédécesseur et je laisserai de côté la présence de l'homme sur nos plages quaternaires. Qu'il me soit cependant permis de dire que, si attrayante que soit cette hypothèse, elle risque fort d'être ébranlée par les caractères plus ou moins douteux des faits exposés par mon devancier.

Toutefois, c'est là un sujet qui ne rentre pas dans le cadre que je me suis tracé, et dont je ne m'occuperai pas dans le cours de cette étude.

Porto, 1892.

(1) Frederico A. de Vasconcellos Pereira Cabral, *Estudo de depositos superficiaes da bacia do Douro.* Lisbonne, 1881.

PREMIÈRE PARTIE

Étude des dépôts superficiels.

TOPOGRAPHIE

Le littoral comprenant mes observations s'étend depuis l'embouchure du Douro, au nord, jusqu'aux falaises de Boa-Nova.

Depuis l'embouchure du Douro jusqu'au Castello do Queijo, la chaîne des rochers est continue. De là jusqu'à l'embouchure du Leça, à l'exception d'un petit affleurement de rochers sur la plage de Matosinhos, la côte est entièrement sablonneuse.

A droite de l'embouchure du Leça, recommence la série continue des rochers, qui se termine un peu au delà des falaises de Boa-Nova.

I

ONDULATIONS DU SOL

C'est le déplacement des limites du rivage qui, d'après moi, a précédé les autres phénomènes que j'étudierai ensuite. D'après les vestiges qu'on peut facilement examiner, il n'est pas permis de douter que les terrains mis présentement à découvert sur toute cette zone littorale soient restés submergés par la mer.

Il reste à déterminer maintenant le déplacement des terrains, et à savoir depuis quel point le sol a commencé à émerger de la mer, mais cela me semble bien difficile, sinon impossible pour le moment, en raison du nombre très limité d'observations faites jusqu'aujourd'hui dans cette région.

De toutes les plages de Foz do Douro, celles du Castello do Queijo sont les seules qui offrent, actuellement, des vestiges de déplacements, mais plusieurs traces ont déjà disparu à cause du transport continuel des matériaux meubles par les agents naturels et par la main de l'homme.

La faible inclinaison que présente l'esplanade du fort favorise cette dénudation, qui se continue d'une manière assez active, jusqu'à une des voies ferrées qui la traverse dans une direction à peu près parallèle

au cordon littoral. On voit les coquilles et les galets qui s'y trouvent enfouis apparaître successivement à la surface du sol, au fur et à mesure que celui-ci se dénude.

Quelques-uns de ces talus ont déjà disparu, notamment celui où, il y a quelques années, j'ai trouvé des coquilles, parmi lesquelles je me souviens d'avoir vu plusieurs exemplaires de *Purpura lapillus*.

Dans un des sillons creusés par les eaux pluviales situés un peu à l'est du fort, j'ai pu détacher quelques valves de *Mactra solida* ainsi que des fragments de valves de *Pectunculus glycimeris* et *Mytilus edulis*. Toutes ces espèces vivent encore dans nos mers, mais l'état des individus qu'on trouve enfouis dans le sol ne laisse aucun doute sur leur long séjour dans ces talus.

Frederico de Vasconcellos a mentionné encore deux dépôts de coquilles que je n'ai pu retrouver et qui probablement ont aussi disparu.

Dans certains talus mis à découvert tout récemment, on peut constater que la couche inférieure est constituée par des galets et du sable d'origine marine.

Presque à l'extrémité sud des falaises de l'esplanade, on voit une *marmite de géants* ayant 45 centimètres de profondeur et 38 de diamètre. C'est une *marmite* d'origine ancienne, ainsi que le prouvent son élévation de plusieurs mètres au-dessus du niveau des plus hautes marées et la végétation qui croît sur les rochers et le sable environnants.

Le rocher dans lequel est creusée la *marmite* n'affleure que de 40 centimètres au-dessus du sable.

Les plages de Leça da Palmeira n'offrent rien d'intéressant pour l'étude des anciens dépôts marins, qu'il faut rechercher près d'une plage nommée Fuselhas. Là, se voit un massif de roches qui a été traversé pour le passage d'une voie ferrée destinée au transport des matériaux nécessaires à la construction du port de Leixões.

On remarque sur ces falaises une bande de terrain, dont la couche inférieure présente des caractères d'origine marine. Des galets de diverses grandeurs s'y trouvent comme cimentés par du sable légèrement stratifié.

Sur les falaises encore atteintes par la mer, on trouve aussi des *marmites de géants*, dont l'origine ne peut être actuelle, par la raison qu'elles sont à peine baignées par les lames pendant la marée montante. Il faut tenir compte du creusement des falaises, maintenant

détruites par suite des travaux du port et dont l'origine était aussi ancienne. On peut se faire une idée de la force d'érosion produite par les lames sur ces plages en considérant la convexité des falaises, constituées par du granite d'une grande dureté, qui bordent la plage nommée des *Pedras*. Elles atteignent, en quelques endroits, une courbure de 1^m70. C'est par suite de l'inclinaison du rivage, presque entièrement constitué par des galets qui s'accumulent sur la partie supérieure, que la force des lames est aussi violente.

C'est à 2 kilomètres à peu près au nord de Leça que l'on voit les falaises les plus élevées du littoral, où l'on remarque les vestiges de déplacements des limites du rivage. Ils consistent en des talus offrant des couches de galets et de sable, dans des roches et des gorges polies présentant tous les caractères de l'érosion marine.

La puissante force d'érosion produite par les lames sur les plages anciennes est bien patente, vu le grand nombre de blocs de différentes grandeurs qu'on trouve épars vers la base des falaises sur lesquelles est bâtie la petite chapelle de Boa-Nova. Il y a là, à la base de ces falaises, des blocs d'origine moderne; mais le plus grand nombre est certainement d'origine ancienne, comme l'atteste leur position, à peine atteinte par les vagues, trop faibles pour produire un phénomène si remarquable d'altération ou de désagrégation. On ne peut mettre en doute l'origine des blocs que l'on trouve en dehors de l'action des vagues, même à quelques mètres au-dessus.

Sur la plage au nord et même à la base des falaises de Boa-Nova, on remarque encore un grand nombre de blocs rejetés sur la partie supérieure de la plage et dont quelques-uns sont faiblement atteints par les vagues. Ces blocs ne pouvaient être transportés présentement, vers la partie supérieure de cette plage, à cause de leur inclinaison et de la distance qui les sépare du massif de roches le plus proche, d'où ils pouvaient être éboulés.

Il faut leur assigner une origine ancienne. Parmi les plus petits, quelques-uns présentent une surface polie et une forme à peu près arrondie, comme si celle-ci était produite par l'effet du roulement, mais il y en a d'autres dont les arêtes ne sont que faiblement émoussées.

Sur toutes ces falaises, il y a des gorges et des crevasses qui ne sont pas actuellement atteintes par les vagues, mais dont les surfaces se montrent polies.

On remarque en outre, à peu de distance de ces falaises, au nord-est, un affleurement de granite, de plusieurs mètres au-dessus du

niveau de la mer, où les traces de l'érosion marine sont très nettes.

La partie antérieure de ces rochers, qui donne sur la mer, est complètement polie et présente des crevasses verticales qui dénotent le passage de courants d'eau pendant un espace de temps probablement assez long.

Les parois de ces crevasses sont courbées et polies, elles portent les mêmes caractères que celles qu'on observe sur la plage encore baignée par les flots.

La partie supérieure des rochers est également polie, et, vers la base, dans un second plan, saillant d'un mètre, on voit la roche creusée exactement au-dessous des trois crevasses principales.

Je considère ces rochers comme marquant une ancienne limite du rivage, la mer ayant dû séjourner pendant longtemps à ce niveau. On peut donc très facilement interpréter les faits que je viens de citer. Les vagues, en frappant contre les rochers et en se rabattant sur elles-mêmes, les polissaient, et l'eau qui s'écoulait ensuite par les crevasses, tout en les approfondissant, les usaient également, et creusait en même temps la partie saillante de la roche inférieure.

Ces rochers forment la partie culminante de la région constituée par de petites dunes qui s'étendent à l'intérieur, mais dont le creusement, causé par la mer et les forts vents du nord-ouest, a été arrêté depuis la consolidation du sol par des plantations de pins.

Vers le nord, les dunes sont plus considérables et elles s'élèvent sur le rivage à une hauteur de plusieurs mètres.

Une voie ferrée traversant la base de la colline que je viens d'étudier, a mis à découvert, à travers cette plage, des coupes, où, à une profondeur de plus d'un mètre, j'ai recueilli des fragments de coquilles terrestres et marines ainsi qu'un fémur d'oiseau. Ces coquilles sont les suivantes : *Helix Pisana*, *Helix conoidea*, *Mytilus edulis*, *Cardium Norvegicum*, *Pectunculus glycimeris* et *Mactra solida*. Les deux premières espèces se trouvent en grande abondance sur nos plages sablonneuses et les autres espèces marines existent aussi dans nos mers. Encore une fois, l'état de ces individus dénote un long séjour sous le sable.

On ne peut avoir une idée exacte de la valeur du déplacement des limites du rivage dans cette région sans aborder l'étude des terrains qui ne sont pas compris dans mon travail.

Nous avons un exemple remarquable d'une plage ancienne dans les dépôts de Ervilha, à l'est de Foz. Ces dépôts ont été étudiés par

Frederico de Vasconcellos, et sont très faciles à examiner, étant actuellement à 50 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Dans l'interprétation des phénomènes probables qui ont donné naissance à ces dépôts marins, je ne suis pas d'accord avec l'auteur précité.

J'admets, en principe, que le niveau de la mer n'a pas changé d'une manière aussi appréciable et que toutes ses modifications sont dues aux déplacements. F. de Vasconcellos n'est pas bien clair sur ce point ; il paraît admettre les soulèvements et les affaissements du sol et du niveau de la mer, ce qui me semble une question très difficile et très délicate à résoudre.

Pour le moment, je me contente d'admettre que notre sol a émergé de la mer d'une quantité encore indéterminée, parce que rien ne prouve qu'il y a eu immersion ou changement de niveau de la mer, car, en cette matière, il n'y a d'acquis que la théorie, admise par divers géologues, fondée sur l'intensité des phénomènes glaciaires.

Notre savant géologue Carlos Ribeiro a constaté entre Cezimbra et le cap Espichel, à l'altitude de 70 mètres, des traces d'anciennes plages renfermant des fragments de coquilles de mollusques vivant dans nos mers.

J'incline à croire que les dépôts de Boa-Vista, à Porto, à une hauteur de 70 à 80 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont des restes d'une ancienne plage modifiée par l'alluvionnement. On y voit des galets tout à fait identiques à ceux de nos plages actuelles; des galets présentant la forme allongée des galets d'origine marine [1], et des traces de stratification.

II

ALLUVIONNEMENT

Pour l'étude des dépôts d'alluvions, je suivrai le même ordre que pour l'étude des plages anciennes.

La plupart des roches, les plus éloignées de la mer, celles de l'esplanade du Castello do Queijo, ont été utilisées pour le pavage des routes et l'argile qui se trouve dans cette région est recueillie en assez grande abondance pour des usages industriels.

C'est ainsi que le terrain, en plusieurs endroits, offre à la vue des talus intéressants.

(1) De Lapparent, *Traité de géologie*, p. 164, 1885.

On y observe des coupes superposées au gneiss, au granite et au schiste.

L'un de ces talus, situé au sud du château, est surtout remarquable par sa constitution tout à fait distincte de celle des autres qui l'environnent. La disposition des couches est la suivante : en contact avec le gneiss, une couche de sable fortement cimentée par de l'oxyde de fer et renfermant des galets, des fragments de gneiss, de granite, et dont l'arrangement ne fait nullement supposer une sédimentation marine. On y voit plutôt le résultat de l'alluvionnement sur les rochers des plages anciennes. Au-dessus de cette couche, s'en trouve une autre dont la disposition diffère entièrement. Dans celle-ci, les matériaux de transport (des quartzites et des graviers) sont contenus dans une couche constituée par des nodules d'argile d'une couleur moins rougeâtre que celle du sable de la couche inférieure.

Superposées à celle-ci se trouvent encore deux couches, une d'argile et de grains de quartz, et l'autre enfin de terre végétale.

Les autres talus sont constitués à peu près de la façon suivante : une couche épaisse de galets et de sable, d'origine marine, et, superposée à celle-ci, une couche argileuse parsemée de cailloux de gneiss, de granite et de schiste, mais sans indices de stratification.

A l'est du château, on observe deux couches mises tout récemment à découvert, l'une en contact avec le gneiss, l'autre avec les schistes, et dont la disposition est celle que je viens de décrire.

Tout près de ces deux couches, on en remarque encore une autre formée par une terre argileuse, de plus d'un mètre d'épaisseur et ne contenant dans sa masse que quelques menus fragments de roches, reposant sur du sable cimenté par de l'oxyde de fer.

Les alluvions des plages du nord de Leça da Palmeira présentent la même constitution que celles de Foz.

On remarque, sur le massif granitique que j'ai signalé à Fuselhas, au-dessus de la première couche d'origine marine, une seconde couche constituée par du sable fin, contenant des blocs de diverses grandeurs, dont la plupart présentent les arêtes émoussées et des indices de roulement. On trouve encore, reposant sur celle-ci, une autre couche de galets empâtés dans du sable et de la terre végétale.

A la base des falaises, à Boa-Nova, du côté nord, on voit un dépôt d'alluvion d'origine ancienne, constitué par une couche argileuse parsemée de galets et de cailloux de différentes grandeurs, également sans traces de stratification.

III

ACTION GLACIAIRE

La découverte dans le bassin du Douro de traces attribuées à l'action glaciaire a été ardemment défendue par F. de Vasconcellos.

En 1870, il a publié un mémoire sur les roches striées du bassin du Douro [1]; en 1881, il fit connaître le travail auquel je me suis souvent rapporté [2] et où il se montre partisan convaincu de cette théorie.

Quelques-uns des points indiqués par F. de Vasconcellos ont disparu entièrement, et la seule partie du littoral de Foz qui offre ces traces, attribuées par lui à l'action glaciaire, est l'esplanade du vieux fort.

Les preuves présentées semblent, à première vue, incontestables; mais le nombre très limité des faits observés, les caractères peu positifs de quelques-uns et la fausse interprétation qu'on a donnée à d'autres présentent à l'esprit plus d'un doute, et ne nous permettent pas d'admettre que le littoral nord du Portugal a été couvert, pendant la période glaciaire, par une grande nappe de glace glissant dans la direction de la mer.

Je vais donc rappeler les faits observés par mon regretté devancier et par moi-même, et faire connaître ensuite les conclusions que j'en ai déduites.

Frederico de Vasconcellos indiquait, parmi les faits observés par lui-même et auxquels il a attribué une origine glaciaire, les stries et les sillons que l'on remarque dans une petite gorge ou crevasse située dans les falaises de l'esplanade, à 360 mètres au sud du fort.

Je n'ai pu trouver, en ce point, qu'une seule crevasse, où j'ai observé des stries et des sillons, qui, il est vrai, pouvaient au premier abord, faire croire à des traces glaciaires.

Les parois de cette crevasse sont constituées de gneiss, dont l'une, celle du côté nord, est, à sa partie supérieure et tout à la base du dépôt d'alluvion, traversée par du granite porphyroïde. Cette paroi est à peu près verticale. Toutefois, deux blocs qui se trouvent dans cette crevasse semblent être éboulés de cette même muraille, qui présente, du côté sud, une inclinaison d'à peu près 45°.

(1) *Revista de obras publicas e minas*, tome I.
(2) *Estudo de depositos superficiaes*, etc.

Le gneiss de la muraille inclinée est, en effet, poli, comme l'a fait remarquer F. de Vasconcellos, mais il ne faut pas oublier que, même actuellement, pendant les grandes marées ou les tempêtes, il est atteint par les vagues comme on peut s'en convaincre, d'après les débris accumulés à la partie supérieure de cette petite gorge. C'est dans la partie la plus étroite que les stries et les sillons se font remarquer; le poli y est plus net, ce qui n'est pas étonnant, vu la force acquise par les vagues en traversant la partie la plus resserrée de la crevasse.

Les stries présentent deux directions. L'une dans le sens de glissement, mais ayant une faible inclinaison du côté de la mer, et l'autre presque perpendiculaire dans le sens du glissement et dans la direction de l'ouest.

Il est à remarquer que les stries sont perpendiculaires à la stratification du gneiss. Ce fait m'a porté à soupçonner que les stries parallèles ne seraient autre chose que des lignes de clivage. C'est ce que j'ai pu vérifier du reste dans plusieurs de ces lignes éparses sur divers endroits des rochers.

Ces fentes, présentant un des bords détaché, laissent apercevoir une surface plane de plusieurs millimètres de hauteur, qui ne peut, d'aucune manière, être considérée comme le résultat d'un burinage produit par du sable, comme l'a supposé F. de Vasconcellos, ou par des fragments de roches enchâssés dans un glacier ayant glissé sur ces rochers.

Les sillons qu'on trouve tout près du rétrécissement de la crevasse, de même que sur la surface des falaises, sont, d'après moi, des lignes de clivage ayant un des bords brisé et la conséquence de l'imperfection du polissage fait par la mer, les sables et les cailloux sur la surface déchiquetée du gneiss.

J'ai tout lieu de supposer que c'est là la crevasse observée par F. de Vasconcellos. Car, malgre mes recherches sur toutes les autres crevasses, je n'ai pu en découvrir une seule se rapportant avec autant d'exactitude à sa description.

Outre les faits que je viens de citer, F. de Vasconcellos a encore constaté la présence d'un galet de granite présentant des traces de stries dans le dépôt d'alluvion remplissant la petite gorge à l'est ; il a aussi signalé des stries et des cannelures sur les rochers de l'esplanade de Carreiros, que je n'ai pu examiner, par suite de leur disparition résultant des nouvelles constructions édifiées en cet endroit.

Quelques exemplaires recueillis sur l'esplanade de l'ancien fort et présentant des stries considérées comme d'origine glaciaire par F. de Vasconcellos, ont été envoyés par lui-même à la Section géologique et au Cabinet de minéralogie de l'Université de Coïmbre (1).

Avant d'arriver à Boa-Nova et un peu au sud, on rencontre un massif de roches granitiques sur la partie culminante d'une petite colline; elles appellent notre attention par la forme qu'elles présentent.

Ces roches résultent d'un affleurement de granite à une petite élévation au-dessus du sol; leur surface est assez large, elle a une forme à peu près aplatie et légèrement inclinée vers la mer.

Dans les endroits non recouverts par la végétation, on trouve la surface du rocher bien polie, mais dépourvue de stries ou de sillons.

Il est à croire que l'aspect à peu près aplati de ces roches est dû à l'action de la mer favorisée, toutefois, par les conditions d'affleurement.

On pourrait considérer ce fait comme le résultat du glissement et de la pression d'un glacier se dirigeant vers la mer, mais il faudrait savoir comment le glacier, en polissant ces roches, a pu laisser tout à fait intactes quelques autres roches d'aspect déchiqueté et à pointes aiguës, situées à quelques mètres au nord de celles-ci et presque au même niveau.

Un glacier qui aurait glissé sur ces rochers eût laissé des traces certaines de son passage.

Sur le massif de roches où est bâtie la petite chapelle de Boa-Nova, je n'ai pu, malgré mes recherches, découvrir la moindre trace de sillons et de stries glaciaires (2); j'ai seulement observé, soit sur ces rochers, soit sur les autres de l'extrémité sud de la plage de Boa-Nova, des roches polies et des crevasses ayant aussi les murailles polies, mais n'offrant pas un seul indice de strie. J'ai même examiné quelques roches recouvertes par les dépôts d'alluvions et mises à jour depuis peu; en dehors du poli dû à l'action de la mer, je n'ai rien observé.

J'ai abordé en premier lieu l'étude des plages anciennes, parce

(1) *Estudo de depositos superficiaes*, etc.

(2) M. le Dr W. de Lima a bien voulu me communiquer des photographies qu'il a prises sur plusieurs points de ces falaises et qui prouvent l'origine des sillons que l'on y observait.

que, pour les raisons que je vais présenter, j'incline à croire que l'émersion du sol a dû cesser avant la fin de la période glaciaire.

Ensuite, j'étudie les dépôts d'alluvion. D'après ma manière de voir, les abondantes précipitations atmosphériques de la fin de l'époque pliocène et de l'époque quaternaire ont été l'origine des accumulations de glace dans les régions les plus élevées de notre pays, dans les régions inférieures, au moins dans la zone littorale que j'ai étudiée, de puissants courants aqueux, qui sont venus constituer les dépôts d'alluvion dont j'ai parlé.

L'hypothèse d'une calotte de glace ayant recouvert toute la région littorale, en formant des dépôts glaciaires, striant et sillonnant les roches, transportant des blocs erratiques et laissant enfin les traces caractéristiques du passage des glaciers, doit être considérée comme très douteuse.

Ne considérant donc pas comme irréfutable l'action directe des glaces dans la formation des dépôts superficiels du sol, j'ai étudié ceux-ci en premier lieu, puisque leur existence est positive et que leur origine est identique à celle qui a donné naissance aux glaciers.

F. de Vasconcellos, qui a admis l'action des glaciers sur cette zone, est arrivé aux deux conclusions suivantes au sujet des déplacements du sol : Qu'après la plus grande extension des glaciers, le niveau moyen de la mer a été au moins de 50 mètres plus haut qu'actuellement; qu'il est descendu d'un nombre égal de mètres, ou que la côte a émergé jusqu'à la même hauteur.

Comme on voit, F. de Vasconcellos admet que le niveau de la mer a été au moins de 50 mètres plus élevé qu'actuellement, — ce qui n'est pas d'accord avec les faits observés. Il admet aussi que le sol s'est élevé et s'est submergé [1], et que les plages anciennes se sont constituées après la plus grande extension des glaciers, par conséquent après la formation des dépôts qu'il appelle glaciaires.

L'observation nous montre, cependant, que les couches d'origine marine restent toujours dans la partie inférieure des couches que j'ai nommées alluviales, ce qui est une preuve incontestable que l'alluvionnement a été postérieur à la formation des plages anciennes.

J'ai pu examiner des coupes récentes sans vestiges marins, au nord de la plage de Carreiros et à Boa-Nova, où les dépôts d'alluvion reposaient immédiatement sur les roches polies et creusées.

(1) *Liv. cit.*, p. 77 et 79.

Nous avons des preuves qu'il a existé des plages qui se trouvent actuellement à 50 mètres au-dessus du niveau de la mer, et qu'il y a des dépôts d'alluvion d'un ou deux mètres au-dessus du niveau supérieur des pleines mers actuelles.

Ces faits me portent plutôt à supposer que, pendant la période glaciaire, la côte avait déjà pris sa position actuelle ou en était tout près; que les précipitations atmosphériques sont venues modifier quelques-uns des dépôts déjà constitués dans les plages anciennes, et donner origine à d'autres dépôts d'alluvion, qui se manifestent si puissamment dans cette région.

En exceptant les dépôts de l'esplanade du vieux fort, je n'ai pu trouver de coquilles en aucun autre. Les coquilles trouvées dans les couches de cette esplanade ne constituent pas une preuve assez évidente pour admettre que ces dépôts proviennent effectivement d'une plage ayant pour origine le soulèvement du sol.

A une si faible hauteur, les tempêtes ou les marées exceptionnelles pouvaient être la cause de leur formation.

Dans les dépôts de Ervilha, F. de Vasconcellos a trouvé, outre trois exemplaires de coquilles dont la provenance était douteuse (1), quelques fragments de coquilles et, dans les talus, une valve de *Mytilus*.

Avec ces données, on ne peut déterminer d'une manière précise l'époque des déplacements du sol et de la formation des plages anciennes. De même, on ne peut connaître d'une manière certaine le synchronisme des phénomènes qui se sont passés dans cette zone et aussi à Gibraltar, localité que F. de Vasconcellos cite à l'appui de sa théorie.

On peut croire, toutefois, que les mouvements du sol ont commencé à se manifester, comme je l'ai déjà dit, pendant la fin de l'époque pliocène ou au commencement de l'époque quaternaire.

Nous avons, dans les anciens dépôts d'alluvion du littoral, une preuve que le sol ne s'est pas élevé au-dessus du niveau de la mer depuis les dernières précipitations aqueuses de la période glaciaire.

(1) Un de ces exemplaires était une valve de *Cardium turberculatum*. Je n'ai pas examiné cet exemplaire, mais je suis porté à croire qu'il n'y a pas de travail intentionnel dans la perforation remarquée par F. de Vasconcellos dans le sommet de la coquille. C'est un fait extrêmement vulgaire et qu'on observe souvent dans les valves roulées.

Il nous semble plus facile d'admettre l'immersion, quoique extrêmement lente.

D'ailleurs, s'il s'est produit un mouvement du sol pendant la période historique, il a été presque inappréciable, puisque le monument le plus ancien de cette côte est d'origine arabe, et a été bâti sur la plage de Matosinhos, à moins de 100 mètres de la mer, en l'an 162, correspondant à l'année 124 de notre ère.

Prenant cette date comme certaine, il résulte donc qu'il y a 1,765 ans au moins que la ligne de côte n'a pas changé d'une façon appréciable.

Pendant des époques postérieures à celle-ci, quelques-uns de nos fleuves, comme le Leça, l'Ave et le Càvado, etc., ont présenté d'autres conditions de navigation, mais ces modifications doivent être attribuées aux courants marins.

On observait, il y a quelques mois, un de ces faits dans le Leça, dont le lit avait dû changer, puisque l'accumulation des sables, en face de son estuaire, avait transformé la barre en une longue plage qui restait à découvert pendant la basse mer, le courant du fleuve n'ayant pas été assez fort pour balayer les sables accumulés pendant la marée montante.

La mer, en couvrant son ancien lit d'une couche de sable de plus d'un mètre d'épaisseur, a recouvert la plupart des rochers sur lesquels j'avais établi, en 1885, la distribution bathimétrique des animaux marins [1], et a obligé le fleuve à se jeter dans la mer à quelques dizaines de mètres plus au sud, en suivant un canal parallèle au cordon littoral.

Toutes ces modifications sont dues à l'influence exercée sur les courants marins de cette côte par les deux jetées du port de Leixões.

De tout ce qui vient d'être exposé, nous ne sommes autorisé à admettre comme positive que l'élévation du sol d'au moins 50 mètres au-dessus du niveau de la mer.

L'abaissement du sol, avant ou après cette élévation, n'est basé sur aucune preuve, et nous le considérons comme hypothétique.

Nous supposons qu'après que le sol eut pris sa position actuelle, les manifestations de la période glaciaire n'étaient pas encore terminées.

(1) *Distribuiçao bathimetrica e geographica dos molluscos de Leça da Palmeira.* (*Bulletin de la Société géographique de Lisbonne*, 1885.)

Sur les régions les plus élevées du Portugal, les accumulations de neige ont produit les glaciers, qui ont formé les moraines, strié les roches et les cailloux, transporté les blocs erratiques, etc.

Ce fait a été brillamment exposé par F. de Vasconcellos dans une étude, qu'il n'a pu terminer, sur l'action glaciaire dans la Serra da Estrella ([1]).

Désireux de voir une autre montagne où l'on pouvait supposer l'existence de traces glaciaires, j'ai visité le Gerez.

A partir de Braga, on commence à observer le granite avec des cristaux d'assez grandes dimensions d'orthoclase blanche. Ceux-ci sont de plus en plus abondants depuis Amares jusqu'à Bouro, en donnant aux roches un aspect blanchâtre très prononcé. Ensuite, et cheminant toujours par la route de Gerez, on commence aussi à voir l'orthoclase rose. Tous les granites du Gerez sont constitués par deux espèces d'orthoclases.

Dans la vallée qui relie les deux montagnes et dans laquelle sont bâtis les thermes, les dépôts que l'on voit le long de la voie sont tous constitués par des alluvions anciennes.

Si l'action glaciaire s'était manifestée dans cette vallée si favorable pour le glissement d'un glacier, ces dépôts devraient être transportés au delà des moraines terminales et ils devraient se trouver à une plus grande distance du point qu'ils occupent.

Les talus sont tous constitués par des blocs et des éléments de granites décomposés ; ces blocs ont depuis plusieurs mètres cubes de volume jusqu'à la dimension de menus cailloux, tous roulés, d'aspect lisse, caractère causé par le roulement de l'eau.

Ce n'était pas l'absence des stries qui pouvait nous conduire à douter de l'action glaciaire, attendu qu'elle est fréquente dans les terrains granitiques, schisteux et volcaniques, mais leur forme arrondie et polie, l'absence de la boue glaciaire si caractéristique, leur disposition le long de la vallée, etc.

Cette vallée est traversée par la rivière Gerez, dont le lit est rempli de cailloux et de blocs énormes qui se sont éboulés des montagnes ou des alluvions constituant les bords de la rivière.

L'eau de cette rivière se divise pourtant en un grand nombre de filets qui se réunissent en bassins épars dans son cours. La compo-

([1]) *Traces d'actions glaciaires dans la Serra d'Estrella. Communicações da Commissão dos Trabalhos Geologicos*, p. 189. Lisbonne, 1887.

sition pétrographique de ces blocs est la même que celle des blocs des alluvions et des affleurements granitiques de la montagne.

Les éléments décomposés qui forment le ciment par lequel sont reliés les blocs proviennent de la désagrégation des granites des pentes des deux montagnes. Sur l'une et sur l'autre, on remarque les dépôts de granites décomposés placés entre les deux types granitiques les plus abondants au Gerez, celui d'orthoclase rose et celui d'orthoclase blanche à éléments très grands.

L'absence de terrain erratique dans cette vallée est une preuve que l'action ne s'est pas manifestée, du moins puissamment, dans la région. Sur les cimes des montagnes, on remarque le granite à découvert, tout fendu, des blocs penchés, quelques-uns ayant une position inclinée indiquant une chute imminente.

La puissante force alluviale a laissé à découvert la plus grande partie de ces affleurements et a entraîné vers le fond de la vallée un grand nombre de blocs de diverses grandeurs. Parfois, les blocs prennent des dispositions curieuses. On en observe un de près de 100 mètres cubes en parfaite position d'équilibre; il a la forme d'une poire et est assis sur son extrémité aiguë. Il est placé à près de 70 mètres d'altitude, sur la pente de la montagne, au bord nord du Cavado.

Au Pico do Merouço, à environ 500 mètres d'altitude, on voit trois blocs superposés; le bloc supérieur présente une position telle qu'il semble devoir tomber à tout instant.

Tout le lit du fleuve Cavado, depuis le pont du petit fleuve Caldo, se trouve parsemé de blocs énormes provenant des montagnes environnantes.

Malgré toutes mes recherches, je n'ai pas trouvé de traces de l'action glaciaire. Jusqu'aux points les plus élevés, on voit des affleurements granitiques à orthoclase rose, mais assez altérés à la surface; il n'est pourtant pas possible de songer à y trouver des traces d'érosion glaciaire en raison de ce fait.

Dans tous les talus que j'ai examinés, je n'ai remarqué que la confusion des cailloux à bords arrondis, grands ou petits, sans ordre de superposition et n'attestant que l'effet de puissants courants alluvionaux.

Dans la Serra da Estrella, les traces glaciaires sont si nettes que l'on est conduit à croire à l'action de glaciers anciens.

On peut supposer que ce phénomène s'est étendu à toutes les autres

montagnes portugaises; mais, dans les régions inférieures, au moins dans celle qui fait l'objet de cette étude, la formation des alluvions anciennes que j'ai étudiées est due à l'action directe des altérations atmosphériques. J'ai pu examiner, dans les collections de la Commission des travaux géologiques, à Lisbonne, les exemplaires de roches recueillis par F. de Vasconcellos, et, en vérité, on est porté à croire qu'ils présentent des stries et des sillons glaciaires.

Je ne révoque pas en doute que, des montagnes les plus élevées de notre pays, seraient descendus de puissants courants d'eau, résultant de la fonte des glaces accumulées, ayant entraîné des blocs de glace; mais si ce fait est vrai, comme il est permis de le supposer, il ne joue qu'un rôle secondaire dans la formation des dépôts d'alluvions anciennes.

L'alluvionnement s'est puissamment exercé sur cette région en formant ou en remaniant les dépôts des plages anciennes.

Sur les plages de Foz et de Leça, je n'ai pu découvrir une seule trace bien caractérisée qui puisse être attribuée à l'action glaciaire. J'ai aussi parcouru la vallée où passe la petite rivière qui débouche vers la plage, au nord des falaises de Boa-Nova. Les stries et les sillons signalés par Vasconcellos dans ces falaises ont été étudiés par le Dr W. de Lima. Les coupes que ce savant paléontologiste a fait exécuter dans ces roches ont prouvé que les sillons avaient la même cause que celle que j'ai déjà signalée à propos de la crevasse du château du Queijo. Dans toutes les roches de cette zone, je n'ai découvert que l'action ancienne de la mer ou la décomposition du granite en calottes concentriques.

Je n'ai rencontré ni stries, ni sillons glaciaires, ni blocs erratiques.

Quelques rochers présentent, en effet, un aspect erratique, et il faut bien s'en approcher pour les examiner et reconnaître qu'ils ne sont que des affleurements granitiques polis et creusés, sans doute, par la mer.

Le seul que j'aie trouvé, et qui m'ait laissé quelques doutes au premier examen, est celui que l'on voit penché sur la rive gauche et presque à l'entrée des plantations de pins.

Après l'avoir examiné de plus près, j'ai été conduit à le considérer comme un bloc détaché *in situ*, ainsi que semble le prouver une fente qui le sépare de l'affleurement.

La présence de blocs erratiques dans cette région ne serait pas

toutefois, pour moi, une preuve assez évidente de l'existence d'anciens glaciers.

Il serait permis de croire que le transport de ces blocs serait dû à l'action de la mer sur les falaises des plages anciennes ou à des glaces flottantes détachées des glaciers du nord de l'Europe.

Dès lors, on devrait admettre que les oscillations du sol ont été contemporaines des phénomènes glaciaires.

En effet, rien ne me paraît plus acceptable : la durée de la période glaciaire a dû être certainement assez longue pour que, pendant cette époque, la submersion du sol ait pu s'effectuer ; la limite de la côte aura également pris la position qu'elle occupe aujourd'hui, et les dépôts d'alluvions les plus inférieurs se seront formés.

Ne serait-il pas permis d'admettre que les blocs de granit observés par F. de Vasconcellos dans les alluvions anciennes de Boa-Vista sont des blocs détachés de quelque élévation granitique des alentours, comme celles que l'on voit au nord-est?

Il y a toute raison pour le croire. Dans de récentes excavations faites dans ces dépôts, reposant sur du granit décomposé, j'ai eu l'occasion d'en examiner d'autres qui se présentaient polis comme par l'effet du roulement produit par les courants d'alluvion ou par la mer.

Dans un excellent livre encore récent, M. Falsan [1] a écrit : « Pour quelques chercheurs ardents, la rencontre de fragments de rocher plus ou moins volumineux, ou la vue d'un certain nombre de stries confusément gravées sur des débris rocheux, ou encore l'observation de dépôts à éléments disposés sans ordre, chacun de ces faits suffit séparément pour les convaincre de la présence d'un terrain erratique glaciaire. Mais, nous le répétons, pour faire naître une certitude complète, sérieuse, il faudrait la réunion de tous ces caractères, car, séparés les uns des autres, ils perdent beaucoup de leur valeur. »

Quoique animé de ce vif enthousiasme que l'on éprouve lorsqu'on traverse pour la première fois une montagne couverte de neige, et où les anciens phénomènes glaciaires se sont présentés dans toute leur grandeur, j'ai vu bientôt s'évanouir complètement l'espoir de trouver dans le bassin du Douro des vestiges de cette formation.

Je n'ai rencontré ni stries glaciaires, ni moraines, ni dépôts erratiques, ni blocs d'origine glaciaire.

(1) *La Période glaciaire*, p. 211. Paris, 1889. Bibliothèque scientifique internationale.

Je n'ai vu que l'action de la mer polissant les rochers et en détachant des blocs, et celle de l'alluvionnement constitué par les assises de matériaux de transport remaniés des dépôts des plages anciennes.

En résumé :

La mer et l'alluvionnement sont, d'après ma manière de voir, les deux agents qui ont le plus contribué à la formation des dépôts superficiels du bassin du Douro.

De tout ce qui vient d'être exposé, je suis arrivé à ces conclusions; et, quoiqu'elles diffèrent sensiblement de celles de mes devanciers, je ne désespère pas de les voir un jour confirmées.

Ne voulant pas sortir du cadre d'une simple esquisse, je réserve d'autres observations pour une étude ultérieure sur le terrain quaternaire du nord du Portugal.

DEUXIÈME PARTIE

I

MATÉRIAUX DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

Dépôts détritiques. — Les formations sédimentaires du bassin du Douro sont constituées par les dépôts d'origine marine et alluviale.

Les dépôts dus à l'action de la mer constituent les sédiments des plages anciennes et des plages modernes; les formations sédimentaires dues à l'action alluviale constituent des dépôts que j'ai étudiés lorsque j'ai parlé de l'alluvionnement ancien, et les formations détritiques déposées par les eaux du Douro et du Leça, ainsi que les alluvions modernes sont produites par les précipitations atmosphériques actuelles.

Les sables qui forment les plages de cette région sont constitués par des grains de quartz hyalin ou jaunâtre, des débris organiques, que j'étudierai plus loin, et des éléments accessoires, parmi lesquels il convient de citer surtout le mica et le feldspath.

Les dépôts vaseux littoraux, assez restreints, sont cantonnés seulement sur quelques plages, comme celle du nord de Fuselhas, et que l'on peut observer pendant la marée basse. Actuellement, dans les plages du port de Leixoès, on trouve des dépôts vaseux où l'on

remarque déjà la présence de quelques mollusques qui vivent sur le sable vaseux.

Les dragages que j'ai faits en 1885 [1] m'ont permis de connaître quelques dépôts vaseux sous-marins dont je ne m'occuperai pas ici.

La composition des graviers est tout à fait identique à celle que je viens de décrire. Parmi les galets de nos plages, on trouve des quartzites diversement colorés, des fragments de granit, de gneiss et de schistes.

Il n'est pas difficile de rencontrer sur les plages des galets de schistes cambriens provenant, sans doute, des affleurements de ces terrains qui bordent les rives du Douro, plus à l'intérieur, et apportés par le courant du fleuve pendant les grandes crues, fréquentes en hiver.

Les blocs détachés des falaises des plages anciennes et des plages modernes se trouvent épars dans cette région. Parmi ces blocs, on en remarque quelques-uns constitués par du granit porphyroïde dont les cristaux de feldspath présentent des dimensions assez grandes. Cette variété de granit est très abondante dans les affleurements un peu distants de la mer, et s'étend dans tout le nord du Portugal. Je l'ai observée dans toute la zone qui se prolonge de Porto jusqu'à la Serra do Gerez, et, dans les falaises du littoral, on la voit parfois représentée par des filons traversant les roches sédimentaires.

On constate aussi, à quelques mètres au nord du fort du Queijo, des rochers isolés en apparence, de forme arrondie, mais qui vraiment sont liés à un seul massif, et parmi lesquels court le petit ruisseau qui va déboucher dans la mer. Ces rochers sont également constitués par du granit porphyroïde. Mais, de tous les blocs épars dans la région, les plus remarquables sont ceux de granit à couleur noirâtre et à grain très fin, parsemé de grands cristaux de feldspath. On peut les observer à la partie supérieure de l'esplanade du fort du Queijo, où quelques-uns sont à la surface du terrain et d'autres recouverts par les alluvions. Ils présentent une forme arrondie, due au roulement et à la décomposition en calottes concentriques, dont on voit des exemples sur place.

On trouve la plupart de ces blocs dans les murs qui servent pour la division des terrains des alentours de l'esplanade. Le plus grand nombre d'entre eux sont arrondis, avec les arêtes émoussées ; c'est surtout dans les blocs les plus grands que l'on remarque la décomposition feuilletée.

(1) *Dist. bath. e geog.*, etc.

On voit un de ces blocs tout près du croisement des deux voies ferrées à l'est du fort et tout à fait à l'entrée de la voie supérieure; il a été brisé pour le passage de la route, ce qui a rendu facile l'examen de sa structure.

Pour terminer ces remarques sur les dépôts arénacés, il me reste à parler des sables fortement cimentés par l'oxyde de fer, constituant des dépôts dont la formation est identique à celle de l'alios.

On les trouve à Foz et à Leça, principalement où il y a des eaux courantes, qui se surchargent de l'oxyde de fer provenant de la décomposition du granit et du gneiss.

Dépôts argileux. — Je me suis déjà rapporté à ces dépôts lorsque j'ai étudié les couches alluviales. Ils sont formés par de l'argile, des éléments quartzeux et des traces d'oxyde de fer résultant de la décomposition des roches éruptives et sédimentaires. Les dépôts d'argile les plus purs, les plus importants, se trouvent à l'est de Leça da Palmeira, où ils sont utilisés par l'industrie. Dans les dépôts de Boa-Vista, j'ai aussi rencontré le kaolin, mais en petite quantité. J'ai encore trouvé de l'argile très pure, d'un jaune clair, au mont de Castro, à l'est de Carreiros. On y remarque enfin la décomposition des pegmatites à orthoclase rose, donnant lieu à une argile rougeâtre.

Dépôts organiques. — Les éléments détritiques fournis par les plantes et les animaux jouent un rôle assez important dans la composition des dépôts littoraux.

Les débris organiques que je vais énumérer se rattachent plus spécialement aux plantes et aux animaux des zones littorales, et, en effet, ce sont surtout ceux qui constituent la presque totalité des caractères organiques des dépôts de ces plages.

Réduits en menus fragments, ils contribuent à la composition des couches arénacées des plages; tandis que les représentants de la zone abyssale, rarement rejetés sur le rivage, sont plutôt transportés par les courants dans les vallées sous-marines.

ALGUES

Les plantes marines de la famille des *Corallinacées* ayant la thalle fortement incrustée de carbonate de chaux apparaissent assez souvent dans les couches sablonneuses.

Les genres les plus nombreux sont les *Melobesia*, *Lithophyllum* et *Lithothamnion*.

Quelques-unes s'étendent sur les rochers et les coquilles en formant, surtout sur les *Patella* et les *Mytilus*, des plaques ou des concrétions; d'autres, comme le *Corallina officinalis* à thalle rameuse, constituent aussi des tufs sur les rochers et les coquilles.

FORAMINIFÈRES

De toutes les espèces que j'ai recueillies, la plus abondante est le *Polystomella crispa*, Linné.

SPONGIAIRES

Les débris des spongiaires sont assez rares, à l'exception d'une éponge cornée, le *Cacospongia scalaris*, O. Sch., qu'on trouve rejetée sur les plages.

HYDROZOAIRES

On voit fréquemment dans les dépôts littoraux des débris d'hydrozoaires, parmi lesquels on remarque *Aglaophenia pluma* et *Sertularella polyzonias*.

ÉCHINODERMES

Les astérides et les échinides contribuent également à la constitution des dépôts du rivage.

Pendant les tempêtes, la mer rejette sur les plages grand nombre d'astéries, dont les débris d'osselets se trouvent mélangés au sable. L'espèce *Asteria rubens* est, entre toutes, la plus abondante.

Parmi les échinides, il faut citer les *Echinus*, dont les spicules et les débris de test forment aussi une partie assez importante des matériaux organiques sédimentaires.

Les espèces les plus communes sont les *Echinus lividus* et *miliaris*.

L'*Echinus esculentus*, vivant à de plus grandes profondeurs, est assez rare sur ces plages. On trouve souvent, dans les sables un peu vaseux de Matosinhos, une espèce de Spatangoïde, mais ses débris jouent un rôle insignifiant dans ces dépôts.

ANNELIDES

Les annelides sédentaires, protégés par un tube calcaire, ne sont pas bien abondants dans cette région. Au contraire, les espèces vivant dans des tubes constitués par des substances agglutinées, grains de sable, fragments de coquilles, etc., représentent une partie importante du littoral. Pendant la basse mer, on voit en plusieurs endroits les rochers protégés par une couche, parfois épaisse, de sable et d'autres substances étrangères amassées et perforées par des canaux où vivent ces tubicoles.

Dans les dépôts des plages, on voit pourtant des indices des habitations de ces annelides polychètes.

CRUSTACÉS

Les débris de crustacés inférieurs, cirrhipèdes, sont assez communs, mais appartiennent seulement aux Balanides, qui abondent dans les dépôts organiques. Ces derniers vivent en grand nombre sur les rochers, dont ils couvrent une grande partie. Les débris des Anatifes sont assez peu importants.

Chez les Malacostracés, il y a plusieurs espèces qui se trouvent rejetées sur les plages, mais leurs débris sont assez insignifiants dans les sédiments.

Quoique plusieurs espèces d'Édriophtalmes soient assez nombreuses, on doit surtout remarquer, comme les seules ayant quelque importance, les espèces du groupe des Thoracostracés, surtout celles de la division des Brachyures.

Les carapaces de ces crustacés abondent parfois dans les dépôts.

MOLLUSQUES

De tous les animaux, les mollusques sont ceux qui contribuent le plus à la formation des dépôts sédimentaires organiques.

J'ai eu déjà l'occasion de m'occuper de ce groupe d'animaux [1], et je ne mentionnerai présentement que les espèces les plus abondantes et les plus caractéristiques.

(1) *Molluscos marinhos do noroeste de Portugal.* Porto, 1884.— *Faune conchyl-mar. du N.-O. du Portugal.* (Instituto.) *Distribuiçáo bathimetrica e geographica dos molluscos de Leça da Palmeira.* (*Bull. Soc. Géog. de Lisbonne*, 1886.)

Les espèces les plus communes sur les rochers et sur les plantes marines sont les suivantes :

Nassa incrassata, Müller.
Murex erinaceus, Linné.
— *Edwardsi*, Payraudeau.
Purpura lapillus, Linné.
Bittium reticulatum, da Costa.
Littorina littorea, Linné.
— *rudis*, Linné.
— *neritoides*, Linné.
— *obtusata*, Linné.
Skenea planorbis, Fabricius.
Rissoa parva, da Costa.
Cingulla cingillus, Montagu.
Phasianella pullus, Linné.
Gibbula cineraria, Linné.
— *umbilicata*, Montagu.
Trochocochlea crassa, Pulteney.
Patella vulgata, Linné.
— *Tarentina*, Lamarck.
Nacella pellucida, Linné.
Tectura virginea, Müller.
Chiton marginatus, Pennant.
— *fascicularis*, Linné.
Mytilus edulis, Linné.
— *galloprovincialis*, Lmk.
Modiolaria marmorata, Forbes.
Arca lactea, Linné.
Venerupis irus, Linné.
Petricola lithophaga, Retzius.
Saxicava arctica, Linné.

Ces trois dernières espèces se trouvent dans les racines des Laminaires. L'absence de calcaire pouvant être perforé par certains mollusques lithophages, comme les *Pholas*, empêche ces animaux de vivre sur les côtes du nord-ouest.

Toutes ces espèces énumérées se trouvent d'ailleurs dans les dépôts sédimentaires, ainsi que les espèces suivantes, qui vivent dans le sable :

Trivia Europœa, Montagu.
Pecten varius, Linné.
— *pusio*, Linné.
Cardium edule, Linné.
Tapes decussatus, Linné.
Tapes pullastra, Montagu.
Donax vittatus, Jeffreys.
Tellina fabula, Gronovius.
Scrobicularia piperata, Gmelin.
Mactra solida, Linné.

Il y a encore plusieurs espèces qui, bien que vivant dans les zones plus profondes, se trouvent en abondance sur ces plages; ce sont :

Triton cutaceus, Linné.
Cassis Saburon, Bruguière.
Chenopus pes-pelecani, Linné.
Natica catena, da Costa.
— *Alderi*, Forbes.
Pecten opercularis, Linné.
Pectunculus glycimeris, Linné.
Astarte sulcata, da Costa.
Cardium echinatum, Linné.
— *norvegicum*, Spengler.
Dosinia exoleta, Linné.
Venus Gallina, Linné.

Les espèces les plus communes dans les estuaires et dans les vases, comme au Douro et au Leça, sont :

Hydrobia ulvæ, Pennant.
Alexia myosotis, Draparnaud.
Cardium edule, Linné.
Scrobicularia piperata, Gmelin.

BRYOZOAIRES

Les débris de bryozoaires conservés dans les couches sédimentaires ne représentent, dans cette région, qu'une quantité insignifiante.

Les espèces qu'on trouve associées en plus grande abondance aux sédiments littoraux se réduisent à un petit nombre; on remarque surtout :

Membranipora pilosa, Linné, var. *verticillata*, Sol.
Flustra papyracea, Linné.
Retepora cellulosa, Linné.

Incrustés sur les coquilles ou les cailloux, on voit aussi les *Lepralia* et les *Porella*, etc.

II

ESSAI SUR L'ÉTUDE MICROGRAPHIQUE DE QUELQUES ROCHES SÉDIMENTAIRES ET ÉRUPTIVES

Les massifs rocheux que j'ai décrits sont constitués par les roches des terrains les plus anciens, traversés par des roches appelées éruptives.

Les gneiss forment la plus grande partie rocheuse de la zone littorale. Les couches se trouvent en général redressées et leur inclinaison est à peu près verticale.

Les roches éruptives ont dû être probablement injectées dans le sens à peu près vertical et selon une direction N.-N.-O.—S.-S.-O.

Les *gneiss gris* sont les plus abondants; les rouges sont cantonnés en quelques petits espaces.

Les *micaschistes* accompagnent parfois les *gneiss*. Au nord de Leça, on voyait à découvert un petit gisement de *micaschiste* à mica blanc et, tout près de celui-ci, un autre dont le mica présente une couleur jaune doré, probablement une biotite légèrement décomposée.

Les *micaschistes* à *biotite* ne se trouvent que rarement. Je n'ai pu trouver les *micaschistes grenatiques* et *staurolithiques*, qui abondent, les premiers, au sud de l'embouchure du Douro, à Granja, etc., et les autres à l'est de Porto, dans toute la région de Rio-Tinto.

Les *schistes* n'affleurent que dans l'esplanade du fort du Queijo.

Je n'ai vu qu'un filon d'amphibolite dans les gneiss du sud-est du fort du Queijo.

Les *quartzites* sont abondants.

Les roches éruptives ne se présentent dans la région littorale qu'avec une faible puissance; par contre, elles constituent à l'intérieur de remarquables massifs.

On y observe aussi des *granites porphyroïdes*, des *granites à mica blanc*, les *granites gneissiques* établissant le passage avec les *gneiss* et où l'orientation des éléments est difficile à distinguer.

Les *pegmatites* forment parfois des filons intéressants.

Dans l'étude des roches qui suivent, j'ai été puissamment aidé par les savants minéralogistes M. Alfredo Ben-Saude et M. A. Gonçalves. Plusieurs photographies de préparations de roches ont été exécutées dans le laboratoire de géologie avec l'aide de mon ancien professeur M. A. Gonçalves. Je prie ces Messieurs de bien vouloir accepter mes sincères remercîments.

N° 1.

Gneiss de Leça.

Roche de couleur blanchâtre, à éléments assez fins, assez compacte, mais offrant de la dureté.

Avec la loupe, on observe les éléments suivants : Feldspath laiteux, quartz, mica blanc et petits fragments de tourmaline.

En lumière naturelle, on observe des sections irrégulières d'orthose trouble, des sections de quartz déchiqueté, des sections allongées de muscovite, de petits cristaux de tourmaline de couleur verdâtre ou vert noir et de petites aiguilles d'apatite.

A la lumière polarisée, on distingue, en outre, quelques rares sections d'un plagioclase, probablement oligoclase, à en juger par ses extinctions.

Le quartz renferme des inclusions liquides très nombreuses, avec libelle à mouvement oscillatoire très rapide.

N° 2.

Roche présentant une constitution intermédiaire parmi les gneiss et les micaschistes, de couleur cendrée, finement granuleuse et de schistosité distincte. Avec la loupe et même sans l'aide de cet instrument, on observe de nombreux individus de biotite, de petits grains de feldspath laiteux et des inclusions porphyriques d'un feldspath décomposé, de plus grande dimension que celui de la base (3 mill.).

Au microscope, on voit en abondance du mica noir, déchiqueté, enchâssé dans une base composée de grains de quartz intimement unis avec des grains de feldspath orthose et de nombreux grains noirs d'ilmenite entourés de leucoxène et de grains de magnétite, et enfin de quelques petits cristaux arrondis de zircon, enchevêtrés dans les autres éléments.

On trouve le mica partiellement transformé en une substance chloriteuse, de couleur verte et fibreuse.

On observe encore des taches de limonite, probablement causées par la décomposition des minéraux de fer qu'il contient.

N° 3.

Granite de Leça.

Roche assez compacte et de grande dureté, à couleur cendrée, présentant des reflets légèrement rosés.

Au microscope et à la lumière polarisée, elle apparaît constituée par de nombreuses parties de quartz, très grandes et enchâssées parmi les agglomérations d'autres individus de quartz plus petits. Inclusions liquides à libelle mobile et à mouvement rapide, orthose trouble (?), peu abondante, plagioclase assez rare, biotite en petites lamelles peu dichroïques. On peut signaler comme éléments accidentels quelques petites et rares aiguilles qui semblent se rapporter à l'apatite.

N° 4.

Micaschiste quartzeux.

Roche cendré noir, finement granuleuse, à schistosité distincte.

Avec ou sans loupe, on observe de petites lamelles de mica un peu noires et des grains de quartz très petits.

Au microscope, on observe de plus : orthoclase et plusieurs grains de plagioclase; le mica est généralement couleur de tabac et se trouve régulièrement distribué dans toute la roche.

Tous ces éléments contiennent en inclusion de nombreuses aiguilles d'apatite. On trouve également distribués dans la roche, et tout proche du mica, plusieurs grains d'ilmenite. Le mica se trouve parfois plein de petites aiguilles de rutile, qui se croisent à 60°.